

ДОДАТОК А

Графічний матеріал кваліфікаційної роботи

Харківський національний університет радіоелектроніки
Кафедра ЕОМ

Методи програмного моніторингу технічного обслуговування на елеваторному комплексі

Кваліфікаційна робота
другий (магістерський) рівень
Спеціальність - 123 «Комп'ютерна інженерія»
Освітня програма - системне програмування

Автор:
Мостовий А.В
студ. гр. СПм-23-2

Керівник:
Піскар'юв О.М.
доцент каф. ЕОМ

1

Мета і задача роботи

Метою кваліфікаційної роботи є розробка методів програмного моніторингу технічного обслуговування обладнання елеваторного комплексу з використанням моделей машинного навчання для підвищення його надійності, оптимізації процесів обслуговування та зменшення ризиків виникнення аварійних ситуацій.

Задачі роботи:

1. Аналіз існуючих методів прогнозування технічного стану обладнання та їх придатності для вирішення задач моніторингу технічного обслуговування на елеваторному комплексі.
2. Визначення критеріїв якості методів аналізу даних та обґрунтувати вибір моделей машинного навчання, що будуть використовуватися для прогнозування ймовірностей поломок.
3. Розробка архітектуру системи збору, зберігання та аналізу даних, яка забезпечить ефективну інтеграцію з джерелами інформації.
4. Розробка та реалізація алгоритмів машинного навчання, таких як LSTM, GRU, дерева рішень та метод опорних векторів, для прогнозування технічного стану обладнання.
5. Збір та первинна обробку даних для навчання моделей.
6. Оцінка ефективності розроблених методів моніторингу на основі реальних даних елеваторного комплексу, включаючи аналіз точності, стабільності та адаптивності моделей.

2

Актуальність роботи

За останні роки дедалі більше підприємств у різних галузях промисловості активно інтегрують системи збору даних, які базуються на використанні датчиків та технологій Інтернету речей (IoT). Такі системи забезпечують отримання важливої інформації про функціонування обладнання в режимі реального часу. Одним із перспективних напрямків використання цих даних є впровадження систем прогнозування технічного обслуговування обладнання. Завдяки сучасним методам машинного навчання та аналізу даних, на основі таких записів можливо створювати високоточні математичні моделі, що дозволяють прогнозувати моменти можливих відмов обладнання. Це надає змогу завчасно планувати технічне обслуговування, що значно зменшує ризики раптових поломок та незапланованих зупинок виробничих процесів. Завдяки цьому суттєво скорочуються простой обладнання, знижуються витрати на позапланові ремонти, підвищується загальна ефективність виробництва, а також зростає надійність технологічних процесів. Тема дослідження має достатню актуальність, оскільки вона гармонійно вписується у світові тенденції розвитку промисловості та відповідає принципам концепції «Індустрія 4.0». Розробка інноваційних рішень у цій сфері має широке практичне застосування й здатна забезпечити значні економічні переваги для промислових підприємств.

3

Огляд існуючих методів аналізу даних

Методи прогнозування

Логістична регресія

Незалежні входні ознаки X

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix}$$

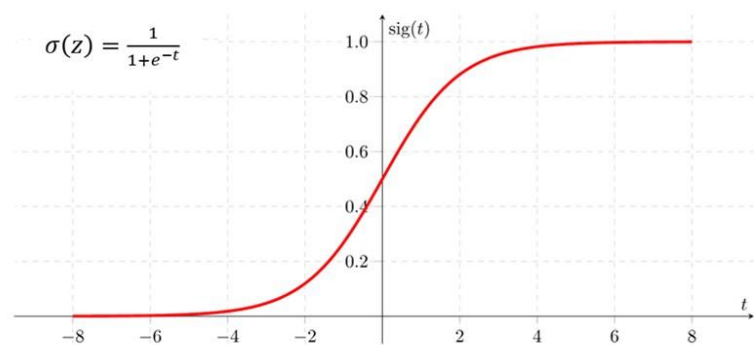
алежною змінною є Y

$$Y = \begin{cases} 0 & \text{if Class 1} \\ 1 & \text{if Class 2} \end{cases}$$

«мультилінійну» функцію

$$z = \left(\sum_{i=1}^n w_i x_i \right) + b.$$

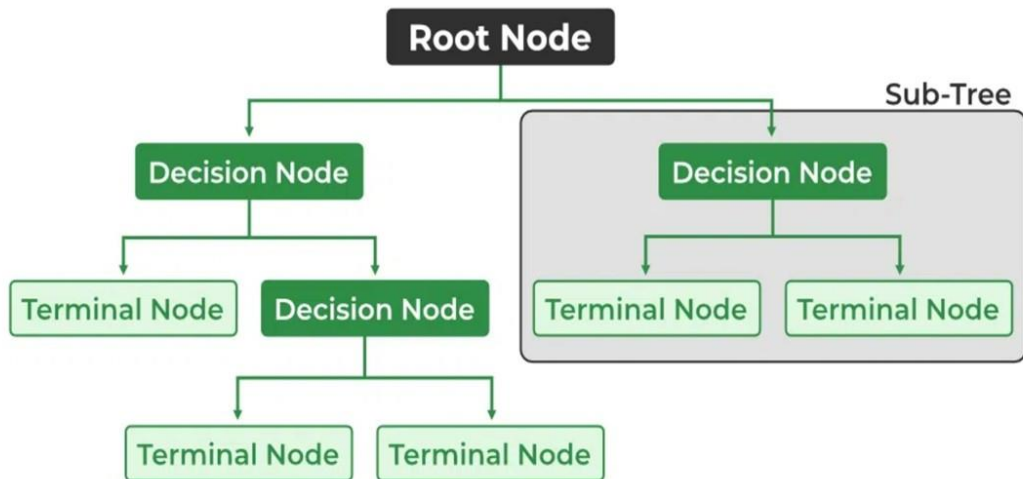
Сигмовидна функція



4

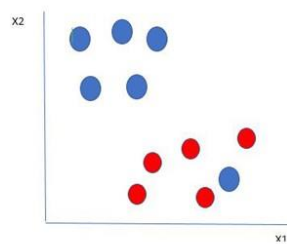
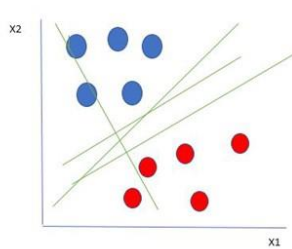
Огляд існуючих методів аналізу даних

Дерево рішень



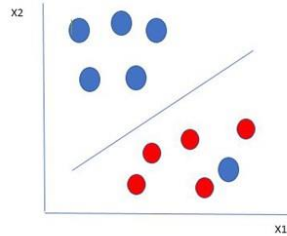
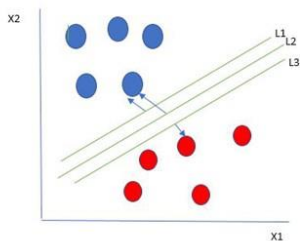
5

Огляд існуючих методів аналізу даних



Support Vector Machine (SVM)
алгоритмом контрольованого навчання

Лінійно-відокремлювані точки даних (а) та
декілька гіперплощин відокремлюють дані
від двох класів (б)

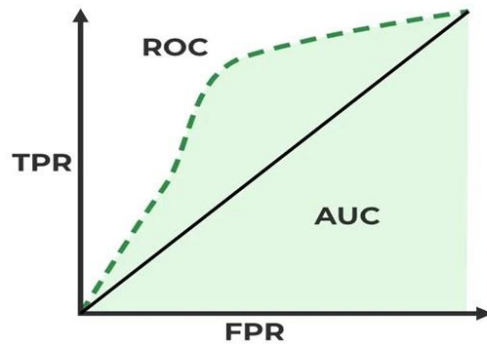


Вибір гіперплощини для даних з
викидом (а) та
найбільш оптимізована
гіперплощина (б)

6

Огляд існуючих методів аналізу даних

Критерії якості методів аналізу даних



Метрика оцінки класифікації ROC-AUC

Крива ROC (Receiver Operating Characteristic) та метрика AUC (Area Under the Curve) використовуються для оцінки ефективності класифікаційних моделей.

		Actual	
		Positive	Negative
Predicted	Positive	True Positive	False Positive
	Negative	False Negative	True Negative

Терміни TPR (True Positive Rate) та FPR (False Positive Rate) є важливими показниками для аналізу продуктивності класифікаційних моделей через криву ROC.

7

Огляд існуючих методів аналізу даних

Методи первинної обробки даних

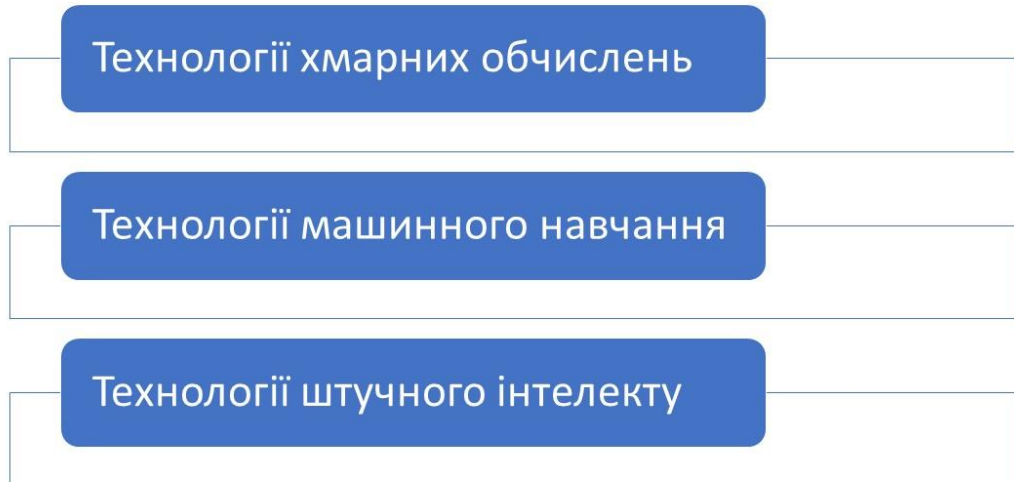
ОЧИСТКА ДАНИХ <ul style="list-style-type: none"> Обробка відсутніх значень Виявлення та виправлення помилкових значень 	КОДУВАННЯ КАТЕГОРІАЛЬНИХ ДАНИХ <ul style="list-style-type: none"> One-Hot Encoding Label Encoding 	МАСШТАБУВАННЯ <ul style="list-style-type: none"> Нормалізація Стандартизація 	ОБРОБКА ТЕКСТОВИХ ДАНИХ <ul style="list-style-type: none"> Токенізація Лематизація та стемінг
ВИБІР ОЗНАК <ul style="list-style-type: none"> Кореляційний аналіз Методи відбору ознак 	ОБРОБКА ЧАСОВИХ РЯДІВ <ul style="list-style-type: none"> Згладжування Експоненційне згладжування 	ОБРОБКА ВИКИДІВ <ul style="list-style-type: none"> Методи виявлення викидів Обробка викидів відповідно до контексту 	РОЗБИТТЯ ДАНИХ <ul style="list-style-type: none"> Стратифіковане розбиття Рандомізоване розбиття

8

Архітектура системи збору та аналізу даних для прогнозування ТО

Вибір технологій та платформи для реалізації системи

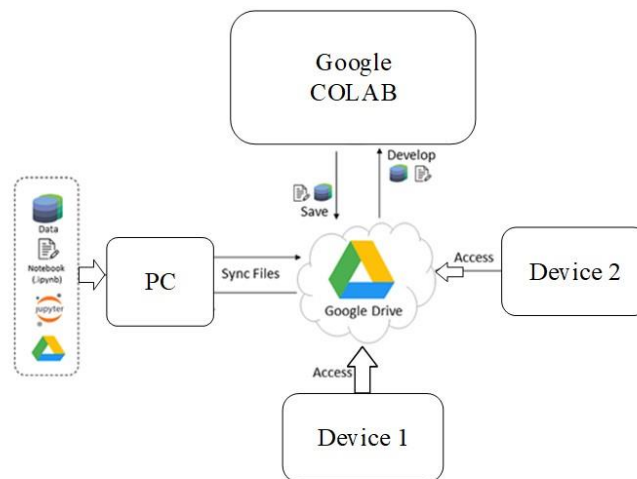
Ключові технології реалізації системи збору та аналізу даних



9

Архітектура системи збору та аналізу даних для прогнозування ТО

Вибір технологій та платформи для реалізації системи



Архітектура системи збору та аналізу даних для прогнозування технічного обслуговування на базі хмарної платформи Google Colab

10

Архітектура системи збору та аналізу даних для прогнозування ТО

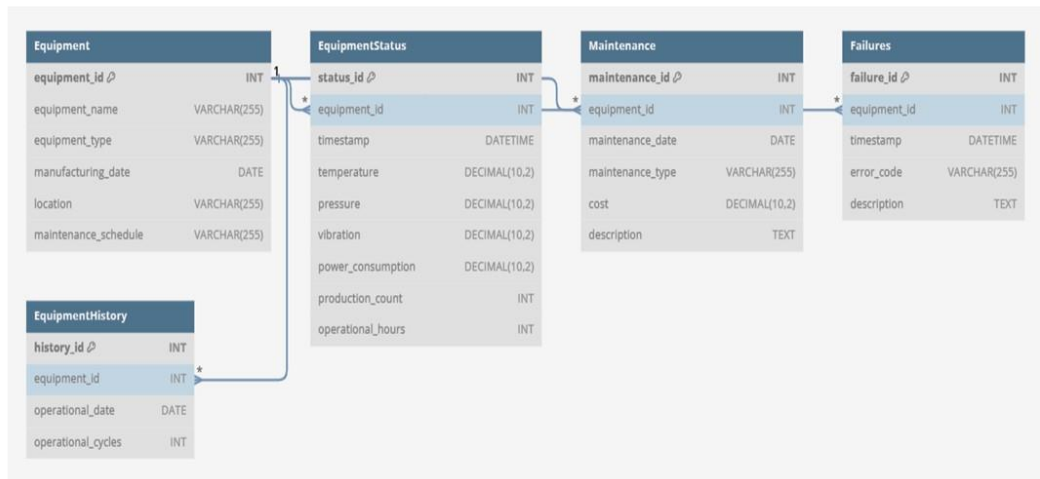
Загальна архітектура системи



Впровадження методів програмного моніторингу технічного обслуговування у систему збору та аналізу даних на елеваторному комплексі

Збір та підготовка даних

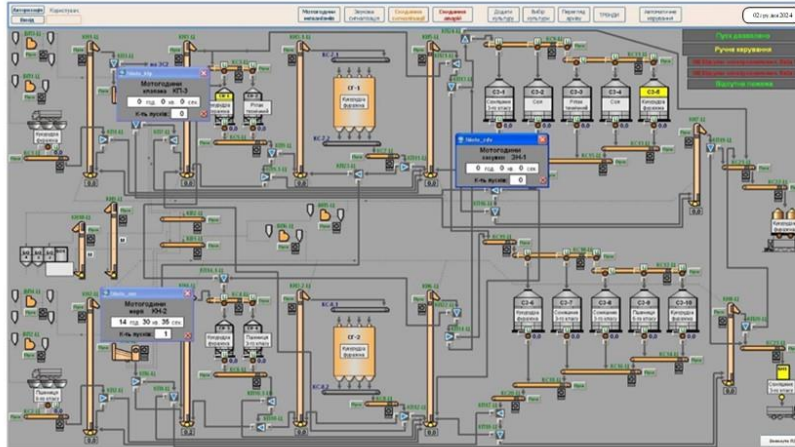
Модель бази даних системи програмного моніторингу



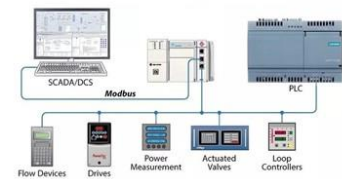
Впровадження методів програмного моніторингу технічного обслуговування у систему збору та аналізу даних на елеваторному комплексі

Збір та підготовка даних

Вікно відображення інформації щодо напрацювання обладнання елеваторного комплексу SCADA Citect



Загальна схема мережі Modbus для керування технологічними процесами на елеваторному комплексі



13

Впровадження методів програмного моніторингу технічного обслуговування у систему збору та аналізу даних на елеваторному комплексі

Збір та підготовка даних

```

// Функция получения списка и загрузки данных количества вращающегося часа и количества вращений у ЭД
FUNCTION LIST_ACC()
INT i;
INT firstID = 0; //Изначально номер
INT endID = 114; //Изначально номер
FOR i = firstID TO endID DO
SQL= SQLConnect("DSN=MSASDB;UID=root;PWD=q45689");
IF SQL=0 -1 THEN
SQLExec(SQL, "INSERT INTO tblAccumulated SET machineryID = '"+InstToId(AccID(i))+"', value_line '"+InstToId(AccHour(i))+"' ON DUPLICATE KEY UPDATE machineryID = '"+InstToId(AccID(i))+"', value_line '"+InstToId(AccHour(i))+"'");
ELSE
Message("Error", SQLGetMsg(), 43);
END
SQLDisconnect(SQL);
END
// Функция получения списка ЭД станка ID. Если станка ID, то в качестве адреса ID, должно прийти ID механизма.
FUNCTION ListMech()
SQL= SQLConnect("DSN=MSASDB;UID=root;PWD=q45689");
IF SQL=0 -1 THEN
SQLExec(SQL, "SELECT id, name_mechanism FROM tblMechanism");
WHILE SQLGet(SQL) = 0 DO
start_id = SQLGetField(SQL, "name_mechanism");
END
//Message("Error", start_id, 43);
SQLDisconnect(SQL);
END
// Функция обновления количества часов напрацювания и количества вращений по имени ID.
FUNCTION ListDel1()
INT i;
SQL= SQLConnect("DSN=MSASDB;UID=root;PWD=q45689");
IF SQL=0 -1 THEN
SQLExec(SQL, "CALL procedureUpdateLine ('"+InstToId(id_mechanism)+"')");
END
//Message("Warning", SQLGetMsg(), 43);
SQLDisconnect(SQL);
END

```

Організація взаємодії SCADA Citect з БД MySQL

14

Впровадження методів програмного моніторингу технічного обслуговування у систему збору та аналізу даних на елеваторному комплексі

Розробка методів програмного моніторингу технічного обслуговування на елеваторному комплексі

Фрагмент побудови моделі логістичної регресії для прогнозування відмов обладнання

```

predictive_maintenance.ipynb ☆
Файл Змінити Переглянути Вставити Середовище виконання Інструменти Довідка Усі зміни збережено
+ Код + Текст
# Імпорт бібліотек
import pandas as pd
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.preprocessing import LabelEncoder
from sklearn.linear_model import LogisticRegression
from sklearn.metrics import roc_curve, auc
import matplotlib.pyplot as plt

# Завантаження даних
df = pd.read_csv('predictive_maintenance.csv')

# Попередня обробка даних
le = LabelEncoder()
df['Product ID'] = le.fit_transform(df['Product ID'])
df['Type'] = le.fit_transform(df['Type'])
X = df.drop(['Target', 'Failure Type'], axis=1)
y = df['Target']

# Розбиття даних
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)

# Побудова моделі
model = LogisticRegression()
model.fit(X_train, y_train)

# Оцінка моделі
print(f"Точність: {model.score(X_test, y_test):.3f}")

y_prob = model.predict_proba(X_test[:,1])
fpr, tpr, thresholds = roc_curve(y_test, y_prob)

```

Фрагмент побудови моделі дерева рішень для прогнозування відмов обладнання

```

predictive_maintenance.ipynb ☆
Файл Змінити Переглянути Вставити Середовище виконання Інструменти Довідка Усі зміни збережено
+ Код + Текст
from sklearn.tree import DecisionTreeClassifier
from sklearn.metrics import roc_curve

# Завантаження даних
df = pd.read_csv('predictive_maintenance.csv')

# Попередня обробка даних
le = LabelEncoder()
df['Product ID'] = le.fit_transform(df['Product ID'])
df['Type'] = le.fit_transform(df['Type'])
X = df.drop(['Target', 'Failure Type'], axis=1)
y = df['Target']

# Розбиття даних
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)

model = DecisionTreeClassifier()
model.fit(X_train, y_train)

# Візуалізація дерева рішень
from sklearn import tree
fig, axes = plt.subplots(nrows = 1,ncols = 1,figsize = (10,10), dpi=300)
tree.plot_tree(model,
                feature_names = X.columns,
                class_names=['No Failure','Failure'],
                filled = True);

# ROC-крива
fpr, tpr, _ = roc_curve(y_test, model.predict_proba(X_test[:,1])
plt.plot(fpr, tpr)
plt.title('ROC крива для дерева рішень')
plt.show()

```

15

Впровадження методів програмного моніторингу технічного обслуговування у систему збору та аналізу даних на елеваторному комплексі

Розробка методів програмного моніторингу технічного обслуговування на елеваторному комплексі

Фрагмент побудови моделі випадковий ліс для прогнозування відмов обладнання

```

predictive_maintenance.ipynb ☆
Файл Змінити Переглянути Вставити Середовище виконання Інструменти Довідка Усі зміни збережено
+ Код + Текст
from sklearn.ensemble import RandomForestClassifier

# Завантаження даних
df = pd.read_csv('predictive_maintenance.csv')

# Попередня обробка даних
le = LabelEncoder()
df['Product ID'] = le.fit_transform(df['Product ID'])
df['Type'] = le.fit_transform(df['Type'])
X = df.drop(['Target', 'Failure Type'], axis=1)
y = df['Target']

# Розбиття даних
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)

model = RandomForestClassifier(n_estimators=100)
model.fit(X_train, y_train)

print(f"Accuracy: {model.score(X_test, y_test):.3f}")

fpr, tpr, _ = roc_curve(y_test, model.predict_proba(X_test[:,1])
plt.plot(fpr, tpr)
plt.title('ROC Curve for Random Forest')
plt.show()

```

Фрагмент побудови моделі SVM для прогнозування відмов обладнання

```

predictive_maintenance.ipynb ☆
Файл Змінити Переглянути Вставити Середовище виконання Інструменти Довідка Усі зміни збережено
+ Код + Текст
import pandas as pd
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.preprocessing import LabelEncoder
from sklearn.svm import SVC
from sklearn.metrics import roc_curve
import matplotlib.pyplot as plt

# Завантаження даних
df = pd.read_csv('predictive_maintenance.csv')

# Перетворення категоріальних ознак
le = LabelEncoder()
df['Product ID'] = le.fit_transform(df['Product ID'])
df['Type'] = le.fit_transform(df['Type'])

# Виділення предикторів та цільової змінної
X = df.drop(['Target', 'Failure Type'], axis=1)
y = df['Target']

# Розбиття даних на навчальну та тестову вибірки
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)

# Створення та навчання моделі Метод Опорних Векторів (SVM)
model = SVC()
model.fit(X_train, y_train)

# Оцінка моделі
print(f"Точність: {model.score(X_test, y_test):.3f}")

# Побудова та візуалізація ROC-кривої
fpr, tpr, _ = roc_curve(y_test, model.decision_function(X_test))
plt.plot(fpr, tpr)
plt.title('ROC Curve for SVM')
plt.show()

```

16

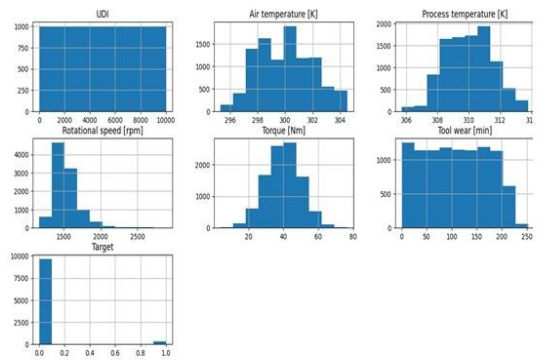
Дослідження методів програмного моніторингу

Опис експериментальних даних

Фрагмент набору даних класифікації предиктивного технічного обслуговування машин

Гістограми розподілів ознак

UDI	T	Product ID	Type	Air temperature	Process temp[er]	Rotational speed	Torque [Nm]	Tool wear [min]	Target	Failure Type
1	M	M14860	M	298.1	308.6	1551	42.8	0	0	No Failure
2	L	L47181	L	298.2	308.7	1408	46.3	3	0	No Failure
3	L	L47182	L	298.1	308.5	1498	49.4	5	0	No Failure
4	L	L47183	L	298.2	308.6	1433	39.5	7	0	No Failure
5	L	L47184	L	298.2	308.7	1408	40	9	0	No Failure
6	M	M14865	M	298.1	308.6	1425	41.9	11	0	No Failure
7	L	L47186	L	298.1	308.6	1558	42.4	14	0	No Failure
8	L	L47187	L	298.1	308.6	1527	40.2	16	0	No Failure
9	M	M14868	M	298.3	308.7	1667	28.6	18	0	No Failure
10	M	M14869	M	298.5	309	1741	28	21	0	No Failure
11	H	H29424	H	298.4	308.9	1782	23.9	24	0	No Failure
12	H	H29425	H	298.6	309.1	1423	44.3	29	0	No Failure
13	M	M14872	M	298.6	309.1	1339	51.1	34	0	No Failure
14	M	M14873	M	298.6	309.2	1742	30	37	0	No Failure
15	L	L47194	L	298.6	309.2	2035	19.6	40	0	No Failure
16	L	L47195	L	298.6	309.2	1542	45.4	42	0	No Failure
17	M	M14876	M	298.6	309.2	1311	46.6	44	0	No Failure
18	M	M14877	M	298.7	309.2	1410	45.6	47	0	No Failure
19	H	H29432	H	298.8	309.2	1306	54.5	50	0	No Failure
20	M	M14879	M	298.9	309.3	1632	32.5	55	0	No Failure



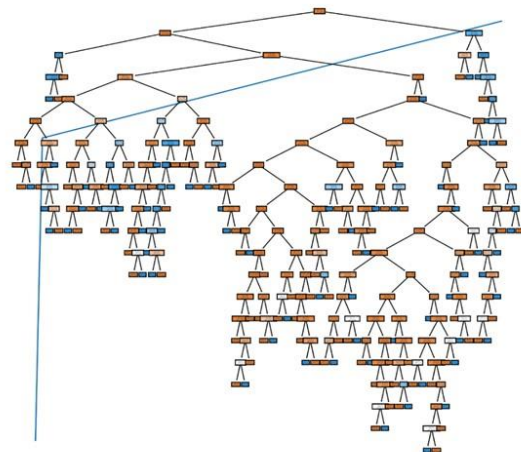
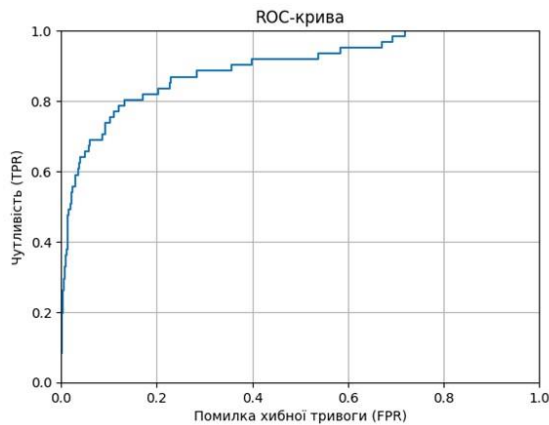
17

Дослідження методів програмного моніторингу

Оцінка ефективності

ROC-крива

ROC крива для дерева рішення

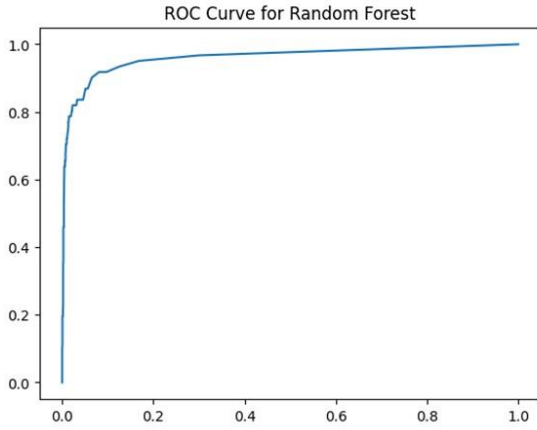


18

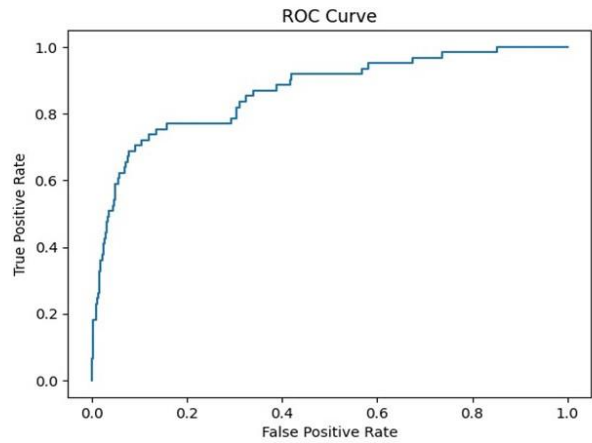
Дослідження методів програмного моніторингу

Оцінка ефективності

ROC-крива для випадкового лісу



ROC-крива методу опорних векторів



Публікації за темою роботи

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний автомобільно-дорожній університет



КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ
АВТОМАТИЗАЦІЇ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ
НА ТРАНСПОРТІ ТА У ВИРОБНИЦТВІ

МАТЕРІАЛИ
ВСЬУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ І МОЛОДИХ
УЧЕНИХ

20 листопада 2024 р.

Харків 2024

Матеріал конференції КІТ-2024, Харків, АМДУ, 20.11.2024
УДК 004

МЕТОДИ ПРОГРАМНОГО МОНИТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ НА ЕЛЕВАТОРНОМУ КОМПЛЕКСІ

Пісарьов О.М., Мостовий А.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

Технічне обслуговування є ключовим фактором для ефективного функціонування агропромислових підприємств, включаючи комплекс заходів для підтримки справного стану обладнання, яке відповідає вимогам надійності, безпеки та продуктивності. В аграрному секторі своєчасне обслуговування є особливо важливим для запобігання поломкам і зниження ризику аварій, завдяючи на інтенсивні навантаження на техніку та вплив екстремальних умов експлуатації. Крім того, воно дозволяє зменшити час простою і втрати продуктивності в критичні сезонні періоди, що є важливим для уникнення втрат врожаю.

Економічні переваги також значні: своєчасний технічний огляд і зміна зношених компонентів допомагають уникнути дорогого капітального ремонту або повної заміни обладнання. Це підвищує довговічність техніки та дозволяє підприємствам ефективно управляти ресурсами. Більш того, технічне обслуговування сприяє екологічній стійкості, знижуючи потребу в частому оновленні обладнання.

Сучасні технології моніторингу, як-от датчики для відстеження стану техніки в режимі реального часу, значно підвищують ефективність управління обслуговуванням, дозволяючи виявляти зношення ще до того, як воно спричинить серйозні проблеми. Це допомагає знизити витрати на ремонт і сприяє тривалому збереженню ефективності обладнання. Застосування таких технологій дозволяє аграрним підприємствам оперативно реагувати на технічні потреби та знизити витрати на екстрений ремонт. [1]

Інститут систем управління
МІНО Азербайджанської республіки
Національний технічний університет
"Харківський політехнічний інститут"
Харківський національний
університет радіоелектроніки
Національний аерокосмічний університет
імені М. С. Жуковського
"Харківський авіаційний інститут"
Університет технологій і гуманітарних наук
(м. Бельсько-Бяла, Польща)

ПРОБЛЕМИ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ

Тези доповідей дванадцяті міжнародної
науково-технічної конференції
21 – 22 листопада 2024 року

ТОМ 2: СЕКЦІЯ 4

Баку – Харків – Бельсько-Бяла – 2024

Problems of Informatization, the twelfth international scientific and technical conference
АКТУАЛЬНІСТЬ ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ПРОГРАМНОГО
МОНИТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ
НА ЕЛЕВАТОРНОМУ КОМПЛЕКСІ

Мостовий А.В., Пісарьов О.М.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Елеваторні комплекси відіграють важливу роль у зберіганні та переробці зернових культур, однак для забезпечення їх безперервної роботи необхідні ефективні методи моніторингу та технічного обслуговування.

Традиційні підходи до обслуговування обладнання, засновані на періодичних оглядах, часто не відповідають реальній стану обладнання, що може призводити до простоїв, зниження продуктивності та додаткових витрат. Це створює актуальну потребу у впровадженні сучасних програмних рішень для моніторингу технічного стану обладнання в режимі реального часу [1].

Метою дослідження є огляд сучасних методів програмного моніторингу, що забезпечують можливість постійного збору та аналізу даних з сенсорів на обладнанні елеваторних комплексів. Використання Інтернету речей (IoT) та аналітики великих даних дозволяє відстежувати ключові параметри, такі як вібрація, температура, навантаження на двигуни та інші показники, що характеризують стан техніки [2]. Ці дані обробляються в режимі реального часу, що дає змогу виявляти ознаки зносу чи потенційної несправності ще до того, як вони стануть критично важливими.

Алгоритми машинного навчання (МН) дозволяють прогнозувати можливі поломки на основі історичних даних про роботу обладнання.

Це дає змогу перейти до превентивного обслуговування, коли ремонт виконується за необхідності, що знижує витрати і підвищує ефективність роботи комплексу.

Вдосконалення методів програмного моніторингу підвищує точність і швидкість реакції на несправності, зменшує ризик аварій і простоїв [3]. Ці рішення дозволяють оптимізувати витрати, збільшити термін служби обладнання та підвищити надійність елеваторних комплексів, що є особливо важливим у сучасному аграрному виробництві.

Список літератури

1. Елеватори промисловості: традиції та інновації. Вступний звіт до сучасної доповіді [Електронний ресурс] : наук. доповіді. – Київ, 2021. – 180 с. – URL: [http://www.levators.com.ua](#)

2. І. О. Фурман. Маркетингові методи програмного керування // І. О. Фурман, М. Л. Малюковський, В. Г. Дубуляков, О. М. Рєвова, О. М. Пісарьов та ін. - Харків: Фаєт, 2007. - 483 с.

3. Програмний контроль для систем керування. Частина 2. Характеристика мікроконтролерів ПІДК. Навчальний посібник [Текст] / Г. Д. Загарій, Н. О. Коваль, В. С. Коваль та ін. - Х.: ХНУ "Транспорт України", 2022. - 264 с.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі виконано комплексне дослідження, спрямоване на підвищення ефективності обслуговування технологічного обладнання завдяки використанню сучасних підходів до аналізу даних і прогнозування. У ході роботи розглянуто існуючі методи аналізу даних, проведено їх класифікацію та оцінено з точки зору відповідності критеріям ефективності для задач технічного обслуговування. Особливий акцент зроблено на таких підходах, як логістична регресія, дерева рішень, випадкові ліси та метод опорних векторів.

Здійснено ретельний аналіз критеріїв якості прогнозуючих моделей, що включає точність, повноту, AUC-ROC показники та стабільність роботи моделей. Це дало змогу зробити обґрунтований вибір методів машинного навчання для розробки системи моніторингу технічного обслуговування, зважаючи на їхню точність, адаптивність та здатність працювати з великими наборами даних.

Розроблена архітектура системи збору та аналізу даних є багаторівневою структурою, що забезпечує інтеграцію різних джерел даних, включаючи датчики, інформацію про експлуатацію обладнання та технічне обслуговування. Використання сучасних технологій, таких як бази даних і платформи для машинного навчання, дозволило створити систему, здатну забезпечувати постійний моніторинг стану обладнання та надавати точні прогнози щодо його поломки.

Реалізація методів програмного моніторингу передбачала повний цикл обробки даних, від збору до побудови моделей машинного навчання. У процесі роботи розроблено ефективні алгоритми для прогнозування ймовірностей поломок, засновані на глибоких нейронних мережах, таких як LSTM і GRU. Ці моделі враховують часову динаміку даних, що робить їх особливо корисними для аналізу експлуатаційних показників обладнання на елеваторному комплексі.

21

ВИСНОВКИ

Результати аналізу підтвердили, що впровадження програмного моніторингу дозволяє суттєво зменшити ймовірність виникнення аварійних ситуацій, оптимізувати графік технічного обслуговування та скоротити витрати на ремонт. Це забезпечує значне підвищення економічної ефективності роботи елеваторного комплексу та знижує ризики, пов'язані з раптовими відмовами обладнання.

В роботі запропоновано наступні методи програмного моніторингу ТО:

- *метод збору та обробки даних телеметрії*, який забезпечує автоматизований збір даних про стан обладнання за допомогою датчиків і SCADA-систем;

- *метод прогнозування залишкового ресурсу*, що використовує алгоритми машинного навчання, зокрема лінійну регресію, дерева рішень і нейронні мережі, для прогнозування часу до відмови обладнання на основі історичних даних телеметрії;

- *метод виявлення аномалій у роботі обладнання*, який реалізовано на основі алгоритмів кластеризації й дозволяє визначати відхилення у поведінці обладнання;

- *метод класифікації стану обладнання*, що використовує моделі класифікації, такі як логістична регресія, дерева рішень та метод градієнтного бустингу, для визначення стану обладнання та потреби у ТО в реальному часі;

Виконані дослідження показали перспективність використання розроблених методів для вирішення задач моніторингу ТО на елеваторних комплексах, а отримані результати можуть стати основою для подальшого вдосконалення систем прогнозування, що дозволить не лише підвищити надійність обладнання, а й забезпечити більш ефективне використання ресурсів.

За темою роботи опубліковано тези доповіді в рамках всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених «Комп'ютерно-інтегровані технології автоматизації технологічних процесів на транспорті та у виробництві» та на дванадцятій міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми інформатизації».

22

ДОДАТОК Б

Наукові публікації за темою кваліфікаційної роботи

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний автомобільно-дорожній університет



**КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ
АВТОМАТИЗАЦІЇ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ
НА ТРАНСПОРТІ ТА У ВИРОБНИЦТВІ**

**МАТЕРІАЛИ
ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ І МОЛОДИХ
УЧЕНИХ**

20 листопада 2024 р.

Харків 2024

УДК 004

**МЕТОДИ ПРОГРАМНОГО МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО
ОБСЛУГОВУВАННЯ НА ЕЛЕВАТОРНОМУ КОМПЛЕКСІ***Піскарьов О.М., Мостовий А.В.**Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків*

Технічне обслуговування є ключовим фактором для ефективного функціонування агропромислових підприємств, включаючи комплекс заходів для підтримки справного стану обладнання, яке відповідає вимогам надійності, безпеки та продуктивності. В аграрному секторі своєчасне обслуговування є особливо важливим для запобігання поломкам і зниження ризику аварій, зважаючи на інтенсивні навантаження на техніку та вплив екстремальних умов експлуатації. Крім того, воно дозволяє зменшити час простоїв і втрати продуктивності в критичні сезонні періоди, що є важливим для уникнення втрат врожаю.

Економічні переваги також значні: своєчасний технічний огляд і заміна зношених компонентів допомагають уникнути дорогого капітального ремонту або повної заміни обладнання. Це підвищує довговічність техніки та дозволяє підприємствам ефективно управляти ресурсами. Більш того, технічне обслуговування сприяє екологічній стійкості, знижуючи потребу в частому оновленні обладнання.

Сучасні технології моніторингу, як-от датчики для відстеження стану техніки в режимі реального часу, значно підвищують ефективність управління обслуговуванням, дозволяючи виявляти зношення ще до того, як воно спричинить серйозні проблеми. Це допомагає знижувати витрати на ремонт і сприяє тривалому збереженню ефективності обладнання. Застосування таких технологій дозволяє аграрним підприємствам оперативніше реагувати на технічні потреби та знижувати витрати на екстрений ремонт. [1]

Програмний моніторинг технічного обслуговування є важливою складовою сучасних систем автоматизації в агропромисловості. Він забезпечує безперервний контроль стану обладнання, оптимізує процеси обслуговування та зменшує витрати на ремонт. Основні компоненти програмного моніторингу включають апаратне забезпечення (датчики та контролери), програмне забезпечення для збору та обробки даних, системи передачі даних (для надсилання інформації на центральний сервер або інше місце зберігання) і аналітичні інструменти для обробки та інтерпретації зібраних даних. Ці елементи разом забезпечують своєчасну діагностику та прогнозування технічного стану обладнання.

Дослідження показують, що інтелектуальні системи для моніторингу технічного стану можуть скоротити час простоїв обладнання до 50%. Впровадження передових технологій моніторингу та аналізу даних дозволяє скоротити експлуатаційні витрати на обслуговування обладнання до 25%. Такі показники є значними для елеваторних комплексів, де зниження витрат і продовження життєвого циклу обладнання забезпечують економічний ефект [2].

Основи побудови систем програмного моніторингу технічного обслуговування на елеваторному комплексі потребують використання спеціалізованих інструментів і технологій, які забезпечують максимальну автоматизацію процесу моніторингу, точність збору та аналізу інформації. В умовах постійно зростаючого обсягу обладнання та складності його структури ефективне технічне обслуговування стає невід'ємною складовою безпечної та надійної роботи елеваторного комплексу. Програмні інструменти для моніторингу допомагають досягти високого рівня надійності та своєчасності обслуговування обладнання, що сприяє зменшенню витрат на його ремонт та обслуговування, а також продовженню експлуатаційного ресурсу техніки. У процесі розробки системи програмного моніторингу в елеваторному комплексі важливо розглянути ключові технології та

інструменти, які дозволяють забезпечити максимально ефективне управління технічним станом обладнання.

Одним із найпоширеніших інструментів для побудови моніторингових систем є SCADA-системи (Supervisory Control and Data Acquisition), які дають можливість здійснювати централізований контроль за роботою обладнання в режимі реального часу. SCADA-системи забезпечують не лише безперервне відстеження параметрів роботи обладнання, але й надають можливості для їхньої візуалізації, що суттєво полегшує процес спостереження за станом обладнання. Завдяки таким системам стає можливим не лише відслідковувати поточні показники, але й накопичувати статистичні дані, що згодом можуть бути проаналізовані для виявлення закономірностей та можливих ознак зносу або несправності елементів обладнання. Важливим аспектом роботи SCADA-систем є їх здатність інтегруватися з іншими програмними модулями, такими як системи аналізу великих даних та штучного інтелекту, що суттєво розширює можливості моніторингу.

За наявними даними, системи дозволяють прискорити розробку нових рішень на 40%, що дозволяє швидше впроваджувати зміни та адаптувати систему до нових вимог. Крім того, завдяки покращенню процесу вирішення аварійних ситуацій, продуктивність підвищується на 35%, що знижує ризик простоїв. Також оператори витрачають на 80% менше часу на навігацію в системі, що дозволяє швидше реагувати на потенційні проблеми. Одночасно інженери можуть на 40% швидше ідентифікувати критичні дані, необхідні для оперативного прийняття рішень. Така ефективність значно підвищує загальну продуктивність і надійність обслуговування технічних систем. [3]

Крім SCADA-систем, важливою складовою моніторингової системи є технології Інтернету речей (IoT). Інтернет речей дозволяє інтегрувати численні датчики та сенсори з центральною системою моніторингу, що сприяє детальному відстеженню різних параметрів роботи елеваторного комплексу. Сучасне обладнання елеваторів може бути оснащено датчиками

температури, вологості, тиску, вібрації та інших параметрів, які мають вирішальне значення для визначення технічного стану механізмів. Завдяки технології IoT ці датчики передають інформацію у реальному часі до централізованої системи, що дозволяє вчасно виявляти будь-які відхилення від нормальних показників. Окрім цього, використання IoT дозволяє здійснювати зберігання великих обсягів історичних даних, що можуть бути використані для подальшого аналізу та побудови прогнозних моделей технічного обслуговування.

Застосування інноваційних рішень у моніторингових системах дозволяє адаптувати їх до конкретних особливостей підприємства, включно з масштабом комплексу, рівнем автоматизації та вимогами до безпеки. Це дає змогу оптимізувати не лише роботу обладнання, а й загальні витрати, роблячи обслуговування більш економічно обґрунтованим і ефективним. Інтеграція автоматизованих систем моніторингу на елеваторних комплексах є одним із стратегічних напрямків розвитку аграрних підприємств, адже забезпечує зменшення витрат і підвищення надійності роботи обладнання.

Література:

1. The Importance of Regular Maintenance for Agricultural Machinery [Електронний ресурс] – Режим доступу : <https://husfarm.com/article/the-importance-of-regular-maintenance-for-agricultural-machinery>, 2024
2. McKinsey & Company [Електронний ресурс] – Режим доступу : <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/establishing-the-right-analytics-based-maintenance-strategy>, 2021
3. GE Digital. [Електронний ресурс] – Режим доступу : <https://www.ge.com/digital/applications/hmi-scada>

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИБОРУ СЕРВЕРІВ ДЛЯ СИСТЕМИ СУПУТНИКОВОГО МОНІТОРИНГУ АВТОТРАНСПОРТУ Малік Д.О., Сердюк О.В.	205
АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ПРОЕКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ ЗА ДОПОМОГОЮ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ Моїсеєнко Р.С.	209
МЕТОДИ ПРОГРАМНОГО МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ НА ЕЛЕВАТОРНОМУ КОМПЛЕКСІ Піскарьов О.М., Мостовий А.В.	213
РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ НА ТВАРИННИЦЬКІЙ ФЕРМІ Панчук О.В., Абраменко І. Г.	217
РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕВАТОРНИМ КОМПЛЕКСОМ Піскарьов О.М., Тимко В.Й.	220
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ У ТЕПЛИЧНОМУ КОМПЛЕКСІ Піскарьов О.М., Шульга О.Є.	223
МОДУЛЬ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ВАНТАЖУ ІТ-ІНФРАСТРУКТУРИ СКЛАДСЬКОГО ТЕРМІНАЛУ Плугіна Т.В., Бондарева К.С., Сердюк О.В.	226
РЕІНЖИНІРИНГ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ ПРИ ПЕРЕХОДІ ДО ТЕХНОЛОГІЇ ВUOD Приткова К. В., Безкоровайний В. В., Кисельова О. Б.	232
ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ДОКУМЕНТООБІГУ АТП Сергієнко К.В.	236
РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ПРИГОТУВАННЯ ВІТАМІННОГО БОРОШНА Серпутович М.В., Абраменко І. Г.	240
ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА АКТУАЛІЗАЦІЇ ПОЛЮСІВ АВТОСТРАХУВАННЯ Спасьонов К.С.	244

Інститут систем управління
МНО Азербайджанської республіки
Національний технічний університет
"Харківський політехнічний інститут"
Харківський національний
університет радіоелектроніки
Національний аерокосмічний університет
імені М. Є. Жуковського
"Харківський авіаційний інститут"
Університет технології і гуманітарних наук
(м. Бельсько-Бяла, Польща)

ПРОБЛЕМИ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ

Тези доповідей дванадцятої міжнародної
науково-технічної конференції
21 – 22 листопада 2024 року

ТОМ 2: СЕКЦІЯ 4

Баку – Харків – Бельсько-Бяла – 2024

**АКТУАЛЬНІСТЬ ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ПРОГРАМНОГО
МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ
НА ЕЛЕВАТОРНОМУ КОМПЛЕКСІ**

Мостовий А.В., Піскар'юв О.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Елеваторні комплекси відіграють важливу роль у зберіганні та переробці зернових культур, однак для забезпечення їх безперебійної роботи необхідні ефективні методи моніторингу та технічного обслуговування.

Традиційні підходи до обслуговування обладнання, засновані на періодичних оглядах, часто не враховують реальний стан обладнання, що може призводити до простоїв, зниження продуктивності та додаткових витрат. Це створює актуальну потребу у впровадженні сучасних програмних рішень для моніторингу технічного стану обладнання в режимі реального часу [1].

Метою доповіді є огляд сучасних методів програмного моніторингу, що забезпечують можливість постійного збору та аналізу даних з сенсорів на обладнанні елеваторних комплексів. Використання інтернету речей (IoT) та аналітики великих даних дозволяє відстежувати ключові параметри, такі як вібрація, температура, навантаження на двигуни та інші показники, що характеризують стан техніки [2]. Ці дані обробляються в режимі реального часу, що дає змогу виявляти ознаки зносу чи потенційні несправності ще до їхнього критичного розвитку.

Алгоритми машинного навчання (МН) дозволяють прогнозувати можливі поломки на основі історичних даних про роботу обладнання.

Це дає змогу перейти до предиктивного обслуговування, коли ремонт виконується за необхідності, що знижує витрати і підвищує ефективність роботи комплексу.

Вдосконалення методів програмного моніторингу підвищує точність і швидкість реакції на несправності, зменшує ризик аварій і простоїв [3]. Це рішення дозволяє оптимізувати витрати, збільшити термін служби обладнання та підвищити надійність елеваторних комплексів, що є особливо важливим у сучасному аграрному виробництві.

Список літератури

1. Елеваторна промисловість: традиції та інновації. Вітчизняний та світовий досвід [Електронний ресурс] : наук.-допом. бібліогр. покажч. / [упоряд. Т. П. Фесун] ; Нац. ун-т харч. технол., Наук.-техн. б-ка. – Київ, 2021. – 180 с.

2. І. О. Фурман Мікроелектронні засоби програмного керування. / І. О. Фурман, М. Л. Малиновський, В. Г. Джулгаков, О. М. Рисований, О. М. Піскар'юв та ін. - Харків: Факт, 2007. - 485 с.

3. Програмовані контролери для систем керування. Частина 2. Характеристики мікроконтролерів і ПЛК. Навчальний посібник [Текст] / Г.І. Загарій, Н.О. Ковзель, В.С. Коновалов та ін. - Х.: ХФІ "Транспорт України", 2022. - 264 с.

Проблеми інформатизації : дванадцята міжнародна науково-технічна конференція

Лещенко Ю.О. 31	Омельченко В.В. . 90	Ступаренко Р.Ю., 95
Лещинська І.О. 46	Пасічнюк Р.Р. 105	Таранюк М.М. 32
Лещинський В.О. 47	Перетяка Є.О. 66	Тимошенко Д.О. . 53
Лучко А.П. 67	Петров К.Е. 42	..... 142
Ляпін Я.А. 68	Пилипенко О.Р. ... 55	Третякова Д.Є. .. 146
Ляшенко О.С. 92	Піскарьов О.М. ... 62	Тухтаров В.Б. 97
..... 93	..... 63	Усов О.О. 113
..... 95	..... 64	Фесенко А.М. 100
..... 99	Пліско О.О. 41	..... 101
..... 100	Подорожняк А.О. 128	Філіпенко І.В. 110
..... 101	..... 129	..... 144
..... 120	..... 130	Філіппенко О.І. ... 107
..... 121	Показій К.О. 142	..... 108
Лященко В.О. 52	..... 53	Філоненко А.М. .. 140
Малєєва О.В. 32	Порошенко А.І. ... 48	Харченко Н.А. 113
Малюга А.І. 28	Пусан А.М. 123	Холодний М.О. ... 54
Мартовицький В. 105	Радченко І.В. 98	Хома Д.М. 129
..... 111	Ратушний І.В. 110	Цірульніков Д.В. 96
Мезенцев М.В. 135	Рева О.А. 30	Цуканов Є.Є. 118
Михайліченко І. .. 65	Романенко А.О. ... 70	Чала О.В. 43
Міхаль О.П. 96	Романенков Ю.О. 123	Чалапко В.В. 133
..... 97	Рудавін А.Є. 64	Чалий С.Ф. 44
..... 98	Рябов О.В. 134	..... 45
..... 119	Рябуха С.О. 29	..... 46
Міщенко Д.О. 140	Самойлов І.А. 50	..... 47
Можаєв О.О. 139	Семенов С.Г. 24	Чалий Т.В. 42
..... 140	..... 25	Чепурних М.А. ... 102
Молчанов Г.І. 137	Семко В.В. 61	Чухлебов І.Я. 104
Момот М.О. 40	Сердечний В.С. ... 67	Швачич М.В. 69
Мостовий А.В. 62	Сидоренко С.П. ... 108	Шимко Д.І. 40
Мошунов Д.О. 109	Сирадоев А.О. 139	Шкіль О.С. 109
Нарватов О.П. 117	Смідович Л.С. 30	Шупилюк М.В. ... 111
Нго За Фат 93	Соробей Б.В. 49	Щолкін М. М. 85
Олефір М.О. 124	Сорокін А.Р. 118	Янковський О.А. 77
Оліфір М.В. 135	Стойка Ф.В. 31	Яшина О.С. 34